



TITLE:

A Biophysical Approach to the Natural Membranes(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Shinagawa, Yoshiya

CITATION:

Shinagawa, Yoshiya. A Biophysical Approach to the Natural Membranes.
京都大学, 1964, 医学博士

ISSUE DATE:

1964-12-22

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/211384>

RIGHT:

氏 名	品 川 嘉 也 しな がわ よし や
学 位 の 種 類	医 学 博 士
学 位 記 番 号	論 医 博 第 164 号
学位授与の日付	昭 和 39 年 12 月 22 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	A Biophysical Approach to the Natural Membranes (膜の生物物理学的研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 井 上 章 教 授 早 石 修 教 授 荒 木 辰 之 助

論 文 内 容 の 要 旨

不可逆過程の熱力学の発展により、生体膜の能動輸送の定式化が Kirkwood, Kedem らによって試みられてきている。従来の研究はしかし膜構造を考慮していないので著者はこの点の拡張を試みている。

能動輸送の基礎方程式を (1) 質量保存則 (2) エネルギー保存則および (3) 熱力学の第二法則より導き、エントロピー生成速度の式から物質の流れと力の間に、いわゆる現象論的方程式が成立し、その係数の間に Onsager の相反関係が存在することを示した。これらの式より膜電位は化学ポテンシャルの勾配を $\Delta\mu_i$ として、

$$E = \frac{1}{Z} \left(\sum_{R=1}^n \sum_{r=1}^m Z_R F l_{Rr} a_r - \sum_{R,i} Z_R F l_{Ri} \Delta\mu_i \right) \dots\dots\dots (1)$$

Z は膜インピーダンス、 F はファラデー定数である。また一価カチオンの流れは、

$$J_1 = -(l_{11} - l_{1r}/l_{rr}) \Delta\mu_1 + l_{1r}/l_{rr} J_r \dots\dots\dots (2)$$

となる、受動輸送に対して $J_1 = -l_{11} \Delta\mu_1$ となるが、これは Teorell および Ussing が実験的に求めた受動輸送の式と一次近似の範囲において一致すると指摘している。次に二重膜構造を直接考慮して現象論的方程式を拡張し、一価カチオンの流れを

$$\left. \begin{aligned} J_1 &= -(l_{11} + l_{1r} \nu_{1r}) \Delta\mu_1 - \nu_{rr} l_{1r} \Delta\mu_r \\ J_r &= -(l_{1r} + l_{rr} \nu_{r1}) \Delta\mu_1 - \nu_{rr} l_{rr} \Delta\mu_r \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

と求めている。ここに J_r は流れに共役な化学反応の反応速度である。このとき膜インピーダンスは

$$1/Z = F^2 (l_{11} + l_{1r} + l_{22}) \dots\dots\dots (4)$$

となり交叉係数 l_{1r} を陽に含んでいる。著者はまた (3) 式の係数の間に相反関係が一般には成立しないことを指摘している。換言すれば抵抗マトリックスは対称部分の外に反対称部分を持つことができ、周期現象が可能である。すなわち一定の条件の下で能動輸送に基づく膜振動の起こる可能性がある。これに対して一重膜での能動輸送では振動現象は起こったとしても減衰的であり定常状態に復帰する。

現象論的方程式を生化学的模型により解釈することを試み、酸化還元ポンプによる二重膜の能動輸送の新しいモデルを提出している。

著者はさらに生体膜の微細構造を観察する際に生ずる分解能の限界を求めている。電子顕微鏡による観察において、これは電子線と試料の量子力学的相互作用によってもたらされることを示し、一般に電子の非弾性散乱によって高分子物質に与えられるエネルギーは

$$E = \frac{h^2}{8m} \frac{n^2}{d^2} = 38.03(n/d)^2 \dots\dots\dots(5)$$

となることを示した。ここに h はプランク定数、 n は量子準位の数、 d は電子の位置の不確定さである。この反応により高分子の放射線損傷が起これば分解能の限界をもたらし、したがって高分子物質の可視性の限界は、重合単位の大きさの程度 5\AA をこえないと推論している。生体膜に対する分解能の限界もこの大きさをこえないことは勿論であるが、包埋剤として、放射線に対して解重合性の合成樹脂を用いるときには電子顕微鏡内において包埋剤の昇華が起これば、さらに分解能を低下させることを示した。このような人工産物の例として、一重膜が包埋剤の昇華のために崩壊して二重膜様の微細構造を示す可能性を論じ、炭素蒸着膜について実験的にこのような例が存在することを示している。

膜構造に対する分解能を甚だしく低下させるもう一つの原因は、電子が波動であることに由来するフレネル縞の現象であるが、著者はこれについても焦点移動法および densitometry の方法を用いて、炭素蒸着膜と赤血球膜を観察し、そのコンターに現われるフレネル縞を比較することにより正しい電顕像を求める方法を論じている。

論文審査の結果の要旨

不可逆過程の熱力学的方法による生体膜の能動輸送の定式化は、その構造の複雑さのため発展が遅々としているが、他方電子顕微鏡による膜構造の研究方法にも多くの問題がある。著者は本論文の前半において電顕的にしられている二重膜構造に対応した二相よりなる膜模型に Kedem 等の方法をもちい、じゅうらいより論ぜられていた陽イオン輸送モデルおよび Tecrell の振動的輸送発生の可能性を理論的に明らかにした。さらに後編において著者は、電子顕微鏡による生体膜観察のさいの分解能の限界を理論的に推定するとともに、電子線による包埋剤の変質あるいはフレネル縞によって一重膜が二重膜構造をゆうするように見えることを炭素蒸着膜等をもちいて実験的に明らかにしている。

以上の成果は生体膜の生物物理学的研究の基礎に関するもので、その寄与は大きく、したがって本論文は医学博士の学位論文として価値あるものと認定する。